

1 酵素の働きを説明する ～りんごの変色の説明の続きとして～

1 研究の動機と目的

昨年の研究により、りんごの酵素が変色に作用していることがわかったので、酵素の働き方をもっと調べてみたくなった。特に、日常不思議に思っていたこととして、キウイフルーツやパイナップルでゼリーを作るとうまく固まらないこと、さんまの塩焼きを大根おろしと食べると、胃がすっきりすることなどだ。さらに、胃薬の成分がほとんど消化酵素であることにも着目した。これらのことから、私たち人間の消化活動に、食品酵素がどのように関係しているのかを探り、毎日の健康的な食生活に役立てたいと思った。

2 前調査・実験材料の考察 (※ ウィキペディアより)

* 消化酵素とは……食べ物の消化に使われる酵素のこと

ア 炭水化物分解酵素……唾液、膵液のアミラーゼがデンプンを分解しマルトースに変え、腸液のマルターゼは、マルトースをグルコース（ブドウ糖）に変える。ラクターゼは、ラクトース（乳糖）をグルコースとガラクトースに変える。

イ タンパク質分解酵素……胃液には、レンニンとペプシンがある。ペプシンは、タンパク質を分解してより小さなペプトンにする。膵液には、トリプシン、キモトリプシン、エラスターゼ、がある。腸液には、アミノペプチターゼがある。

ウ 脂肪分解酵素……唾液、胃液、膵液、腸液にあるリパーゼが、脂肪をグリセリンと脂肪酸に分解する。

- ① キウイフルーツについて……キウイフルーツにはタンパク質分解酵素アクニジンが入っているので肉や魚と一緒に調理をすると消化吸収が良くなる。つまり、キウイフルーツのゼリーは固まらないはずである、と想定した。これを実証するために、海藻でできている寒天と比較し豚のゼラチンでキウイゼリーを作る実験を試みた。この実験のかぎは、酵素が生きている生のキウイフルーツを使い加熱しないことである。結果は、思ったとおり寒天ゼリーはしっかり固まったが、豚のタンパク質でできているゼラチンのゼリーは、全く固まらなかった。これにより、キウイフルーツの酵素が、ゼラチンのタンパク質を分解してしまったことが、わかった。
- ② パイナップルについて……生のパイナップルを食べると唇が荒れたり、口の中が痛くなったりする。ブロイラメンという酵素が原因である。肉を焼くときパイナップルに漬けておくと軟らかくなる。
- ③ 胃薬について……薬局に売っているどの胃薬にも消化酵素が含まれている。今回、この実験に用いたのは、新三共胃腸薬〔細粒〕である。リパーゼA P12が、脂肪を消化、タカジアスターゼN Iが、タンパク質を消化すると書いてあったからである。
- ④ 大根おろしについて……アミラーゼ、プロテアーゼ、リパーゼなどの消化酵素が豊富に含まれている。加熱すると効き目はなくなる。

3 実験 I 生の食品酵素で食べものを消化させる！

準備したもの：透明なコップやビンを25個

〔酵素材として〕 A キウイフルーツ B パイナップル C 胃薬 D 大根おろし E 水
〔消化させる食品〕 ア ごはん イ 牛脂 ウ やぎのチーズ エ 豚赤身生肉 オ かつおぶし

- 手順：① 三大栄養素である炭水化物のごはん、タンパク質としてチーズ、豚肉、かつおぶし、脂質として牛脂を選び、身近な食品5品目を用意した。(ア～オと表記する)
- ② ア～オを同量ずつコップやビンに入れた。A～Dの酵素食品と判断の基準となるEの水を各々の食品にかける。
- ③ そのまま室温およそ25°Cで、様子を見る。時間の経過と共に観察する。

予想：基準とした水は、純水としたので、酵素も何も混入してはいないのだから、一番に腐るはずである。キウイとパイナップルは、酵素の種類から考えて、タンパク質をよく分解するはずである。大根おろしは、炭水化物を分解するアミラーゼが含まれているので、ごはんに注目してみたい。また、胃薬であるが、本当に効くのだろうか？生の自然食品と合成の薬品、果たしてどちらが、強力なのだろうか？

実験 昼11:30 スタート 室温25°C

結果：12時30分の1時間後の様子は、Eの水は、食品が浮いているだけで、においも何の変化もない。そのうち、腐るかもしれない……。Cの胃薬は、思ったほど強力ではない。A.Bのキウイとパイナップルは、タンパク質をよく分解している。Dの大根おろしは、ごはんを、よく溶かしている。予想通りだ。

翌日：午後7時30分スタートから32時間後 室温およそ平均28°Cに放置

結果：Cの胃薬は、鼻が曲がるほどの臭さだ。Eの水は、腐敗してしまったのか臭くて気持ちが悪い。ABDのキウイ、パイナップル、大根おろしは、かえっていい香りに変化している。発酵食品のような香りでおもしろい。

32時間後の様子の観察表

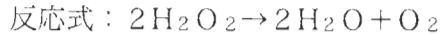
	A キウイ	B パイナップル	C 胃薬	D 大根おろし	E 水
ア ごはん	😊 いい かおり 白くトドロ	😊 いい かおり 白くトドロ	😞 かなり くさい 泡が出て 白い	😊 におい たし うす茶トドロ	😞 かなり くさい ごはんのま
イ 牛脂	😊 いい かおり トドロ	😊 いい かおり 泡でふか トドロ	😞 すごい くさい 白い脂が ういて	😊 におい たし うす茶トドロ	😞 かなり くさい 白くにご って うすま
エ チーズ	😊 いい かおり 表面にま	😊 いい かおり 表面にま 10分チーズ?	😞 かなり くさい 表面にま	😊 におい たし 白いま モコモコ	😞 かなり くさい 白くにご って うすま
オ 豚肉	😊 いい かおり トドロで みえたい	😊 いい かおり トドロで はたい	😞 かなり くさい 形は残 ってる	😊 におい たし トドロ 白っぽい	😞 かなり くさい かなり くさい ま
オ かつおぶし	😊 いい かおり トドロ	😊 いい かおり トドロ	😞 かなり くさい 形はない	😊 におい たし うす形 トドロ	😞 かなり くさい かなり くさい ま

実験Ⅰのまとめと考察：25個のビンを部屋に放置して実験を続けたが、途中ものすごい変な臭いになってきて、32時間で実験を断念した。Eの水が腐敗したためであるが、なぜか、興味深いことに時間と共にますますいい香り、おいしそうな香りへと変化していくものが、キウイフルーツ、パイナップルであった。トドロとして食べられそうだった。だが、胃薬は、消化してはいたが、あくまで薬であり、とてもまずそうだった。大根おろしは、すべての食品の臭いを消し、ほぼ無臭になった。ごはんを最も強力に分解していたが、魚などのにおい消しにもなるのかもしれない。この実験により、食品を軟らかくし腐らせず、おいしようにする酵素の力は、すばらしいと思った。薬以上に、自然の食品は強力であることもわかった。

4 実験Ⅱ 生の食品に酵素が本当に存在するのかを薬品で確かめる

実験Ⅱ-A 大根に酵素はあるか？

手順：過酸化水素（ H_2O_2 ）によって、気体である酸素を発生させてみる。



反応速度を大きくするため、触媒としてカタラーゼという酵素を用いる実験があるが、酵素が反応するのなら、泡がブクブクと出るはずだ。家での実験だったので、線香を燃やして火をつけて酸素があることを確かめるのは、危険なのでやめた。だが、泡が発生すれば、酵素がたくさん存在する証拠になると思う。

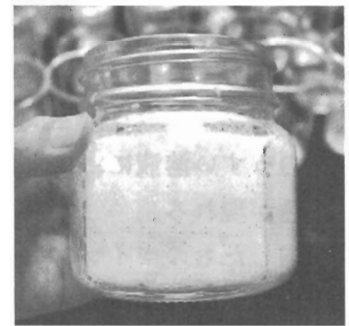
準備したもの……オキシドール〔濃度3%の過酸化水素水〕 大根おろし 透明なビン

予想：少しは、泡立つのではないかと思う。オキシドールを傷口につけると、ブクブク白い泡がたつ。

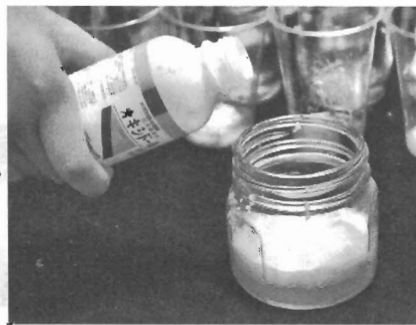
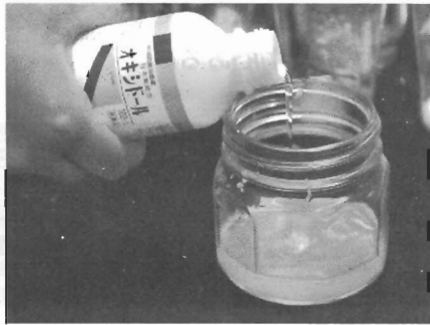
人間の傷の酵素に反応するのなら、生の野菜の酵素にも反応するだろう。ちなみに、ただの水にオキシドールを加えてみたが、もちろん何の反応もない。



※大根おろし液が入っているビンにオキシドールを加えているところ



結果：ブクブク大量の真っ白い泡が発生！酵素が触媒として反応し気体の酸素が大発生！やはり、大根おろしには、酵素がたっぷり存在する。



実験Ⅱ-B パイナップル キウイ 胃薬に酵素はあるか？

手順：Ⅱ-Aと同じだが、生のパイナップル、キウイ、胃薬に直接オキシドールをかける。表面の様子を観察する。

結果：オキシドールをかけた表面が、白く泡立ってきた。やはり各々に、酵素は存在する。

考察：Aの実験は、すりおろし大根を使ったため結果がとてもはっきりみえた。Bの実験は、すりおろしの液体を使用すれば、もっとはっきり結果がみえたかもしれない。Aは、ビンの口まで白い泡が勢いよく発生した。活きた酵素の働きをこの目でみることができ、とても驚いた。

5 実験Ⅲ 大根おろしの酵素が活発に働く温度調べ

手順：① 大根おろしを鍋で煮沸して、徐々に温度を上げていく。

② 水で大根おろしを冷やし、徐々に温度を下げていく。

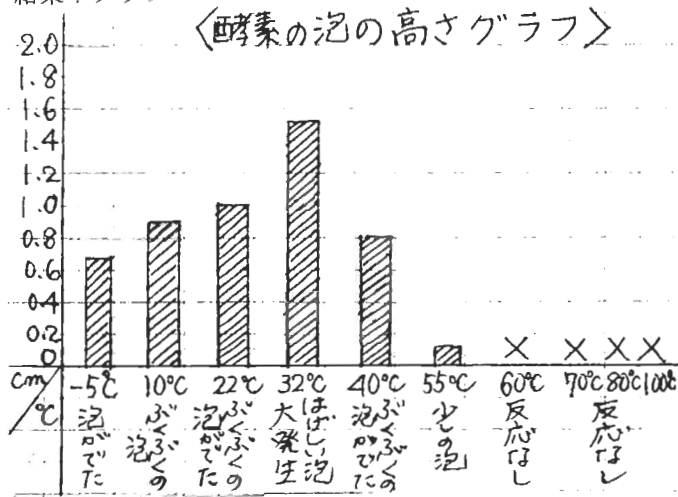
③ 10種類のビンに異なる温度の汁をいれる。〔-5℃～およそ100℃まで〕

④ オキシドールをスポイトで同量ずつ吸い上げ、各々のビンに垂らす。

⑤ 泡の立ち上がりを観察し定規で泡の高さを測る。

予想：昨年の研究で、酵素が、最もよく働くのは、35℃～40℃とわかったので、たぶん室温で、いちばん泡が高くなるはずだ。

結果：グラフ



実験Ⅲまとめと考察：温度の異なる大根汁を作るのにとっても苦労した。だが、思ったよりもはっきり結果があらわれてくれたので興味深かった。予想通り常温に近い32℃あたりを前後して22℃から40℃が、最も酵素が活発に働くとわかった。マイナスの温度になっても酵素は、死滅しないようである。しかし、高温には非常に弱く、50℃を超えたあたりから酵素としては働かないようである。60℃以上は全く泡がたたなかった。やはり、常温の生の食品が体には良いのだろうか？

6 実験Ⅳ ヨウ素デンプン反応の実験

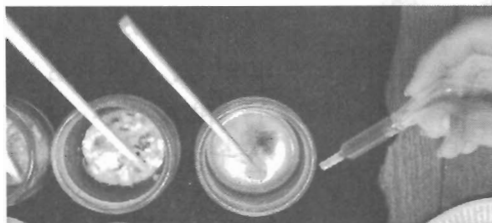
ヨウ素デンプン反応とは (エンカルタ2006より)

デンプンがヨウ素と反応してデンプンとヨウ素の複合体が形成され青紫色に発色する反応。デンプンのうすい溶液に、ヨウ化カリウム溶液を加えると発色するが、加熱すると色は消え、冷却するとまた色が現れる。

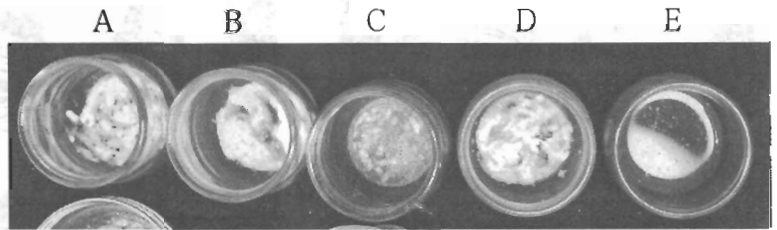
準備したもの：イソジン（ポピオンヨード液）実験Ⅰで使ったアのごはんの液体5種類 スポイト皿

手順：デンプンが分解されたかどうかを見るために、ア-A ア-B ア-C ア-D ア-Eのごはんにイソジンを少量たらす。

予想：酵素入りの食品を加えてから、32時間しか経過していないので不安だが、きっとデンプンの分解はある程度進んでいるだろう。ア-Eの水だけが青紫色に変色するはずである。



※スポイトでヨウ素をたらす



※Eの水だけ変色した。

結果と考察：デンプンが入っている炭水化物のアごはんで実験をした。食品酵素が本当に働いているのかドキドキしながら、スポイトでヨウ素液をたらしていった。Aキウイ Bパイン C胃薬 D大根おろし、4つとも色の変化はなかった。酵素が働いてデンプンを分解したのだ。（デンプン→マルトース→グルコース）と変化し、なめると甘いはずだ。Eの水のごはんは、青紫色にみるみる変化してデンプンが分解されずに存在していることを示した。消化作用のある酵素のすごさ、不思議をあらためて感じた実験だった。

7 この研究を終えての感想

発展：昔からの知恵は、科学の目でみても確かに正しいことがよくわかった。大根おろしは焼き魚に添える、生のくだものを肉料理に使うとおいしく軟らかくなる、キウイでゼリーは固まらない、生野菜は体に必要だ……活きた栄養素である酵素はとてもすばらしい不思議なものだと思った。納豆、チーズ、ヨーグルト、糠漬け、キムチ、酒、しょうゆ、みそ……これら発酵食品とよばれる数々の食品も、酵素の力が関係している。次は、この研究の続きとして、発酵の科学を探ってみたい。そして今回調べて解ったことを、毎日の食生活に活用しておいしく健康な食事を賢く選べるようになりたい。